



Behörden

DE 3809221 A1

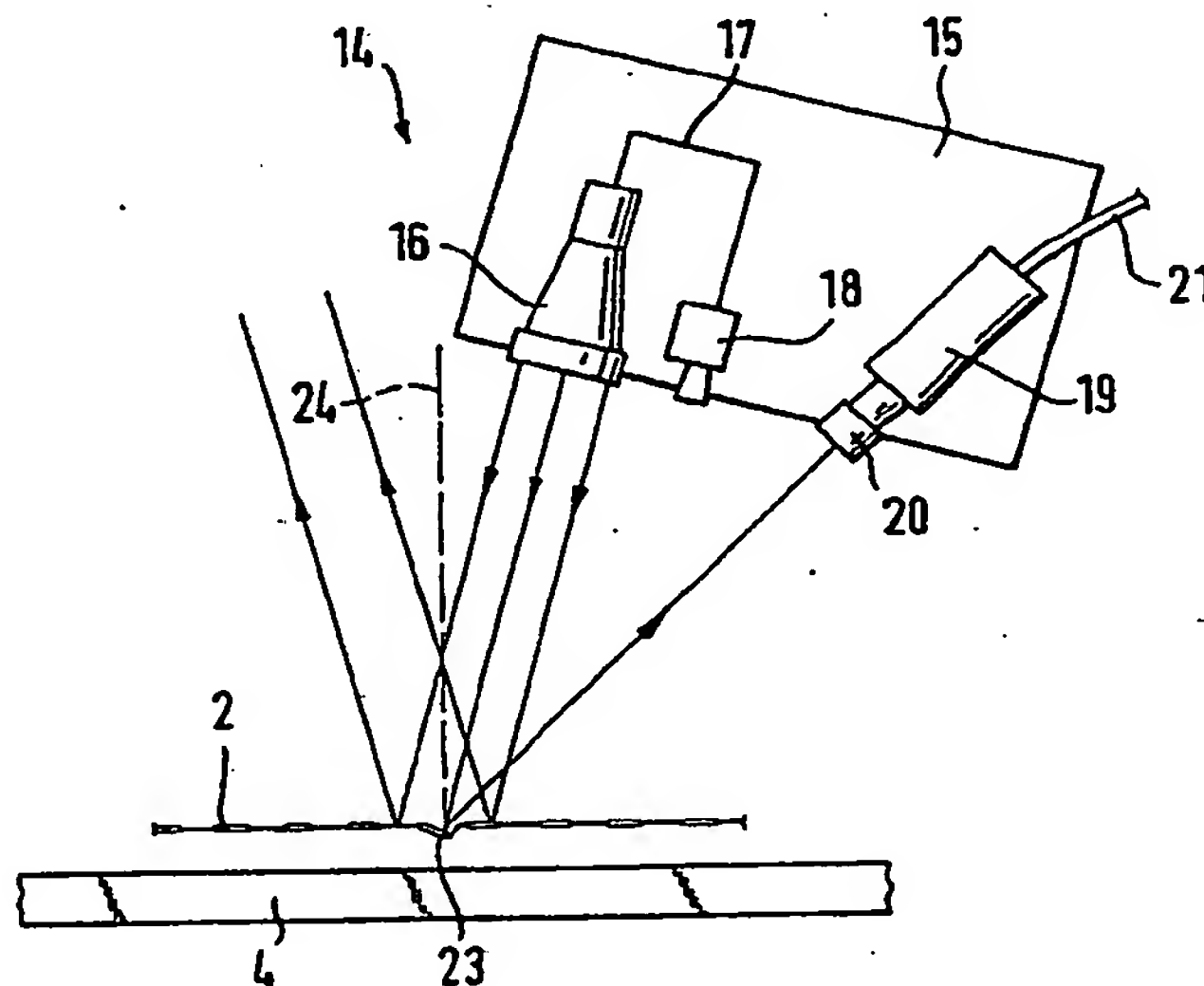
⑦① Anmelder:  
Roth-Electric GmbH, 8035 Gauting, DE

⑦④ Vertreter:  
Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.  
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fuchsle, K.,  
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,  
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Kolb, H.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ritter und Edler von  
Fischern, B., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte; Nette, A.,  
Rechtsanw., 8000 München

⑦② Erfinder:  
Tuczek, Hubertus, Dipl.-Ing., 8032 Gräfelfing, DE

⑤④ Verfahren zum Detektieren von Fehlstellen an Preßteilen oder anderen Werkstücken und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

Ein Verfahren zum Detektieren von einer oder mehreren Fehlstellen, vorzugsweise von Rissen und/oder Einschnürungen, an Preßteilen oder anderen Werkstücken durch optische Abtastung von deren Oberfläche, mit folgenden Schritten: eine Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung eines Oberflächenbereiches des Werkstückes und ein optisches Empfangssystem zur Aufnahme des beleuchteten Oberflächenbereiches oder eines Ausschnitts desselben werden derart zueinander und zum Oberflächenbereich des Werkstückes eingestellt, daß die unterschiedlichen Reflexionseigenschaften von Fehlstellen in diesem Oberflächenbereich gegenüber ihrem Umfeld bei der Erzeugung eines Bildes wirksam werden; ein Bild des Oberflächenbereiches mit dem optischen Empfangssystem wird bildpunktweise aufgezeichnet; zur Weiterverarbeitung des aufgezeichneten Bildes des Oberflächenbereiches wird ein dem aufgezeichneten Bild entsprechendes Referenzbild ohne die gesuchten Fehlstellen bildpunktweise erzeugt bzw. in einem Speicher bereithalten; und das aufgezeichnete Bild wird mit dem Referenzbild bildpunktweise verglichen und das Ergebnis bildpunktweise festgehalten. Eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.



DE 3809221 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Detektieren von einer oder mehreren Fehlstellen, vorzugsweise von Rissen und/oder Einschnürungen, an Preßteilen oder anderen Werkstücken durch optische Abtastung von deren Oberfläche. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Die zunehmende Automatisierung der Fertigungsanlagen und die immer höheren Ansprüche an die Qualität der gefertigten Gegenstände stellen an die Qualitätsprüfung steigende Anforderungen. Zum einen sollen möglichst alle Gegenstände, die eine Fertigungsanlage verlassen, auf Freiheit von Mängeln überprüft werden, zum anderen soll diese Prüfung möglichst in den meist kurzen Taktzeiten der Fertigungsanlage durchführbar sein, um eine On-Line-Prüfung zu ermöglichen, trotzdem aber präzise und kostengünstig sein.

Dabei sind aber die Problemstellungen speziell bei der Prüfung der Oberfläche von Preßteilen sehr komplex. Da die feinen Fehlerstrukturen, z. B. Kratzer oder Einschnürungen auf blankem Metall, einen hohen Aufwand zur Detektion erfordern. Eine rein visuelle Prüfung durch eine Prüfperson ist häufig unzulänglich und kann nicht in kurzen Taktzeiten durchgeführt werden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, das es ermöglicht, die Oberfläche von Preßteilen und auch anderen Werkstücken maschinell und mit hoher Genauigkeit auch auf feine Fehlerstrukturen zu prüfen und diese Prüfung innerhalb kurzer Taktzeiten durchzuführen, so daß sie auch bei der taktzeitgesteuerten Serienfertigung im On-Line-Verfahren erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit dem Vorteil verbunden, daß es auch bei der Fehlerdetektion an Oberflächen mit sehr feinen Fehlerstrukturen eine hohe Prüfsicherheit zuläßt und trotzdem innerhalb sehr kurzer Zeiten durchführbar ist. Durch die Anwendung eines objektiven Prüfkriteriums kann die Qualität der Prüfung und als Folge davon auch die Qualität der Fertigung gesteigert werden. Durch die taktzeitschritthalten- de Prüfung können fehlerhafte Werkstücke im On-Line-Betrieb ausgesondert werden, so daß ohne Off-Line-Prüfung nur gute Teile dem nächsten Fertigungsprozeß zugeführt werden.

Weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und einer zu seiner Durchführung geeigneten Vorrichtung ergeben sich aus den dem Anspruch 1 nachgeordneten Patentansprüchen.

Einige Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen und Tabellen näher beschrieben und erläutert. Darin zeigen

Fig. 1 die Anordnung einer erfindungsgemäßen Prüfstation an der mit zu prüfenden Werkstücken belegten Förderbahn einer Fertigungseinrichtung,

Fig. 2 eine Sensoreinheit der Prüfstation von Fig. 1,

Fig. 3 ein in Form einer Tabelle von Helligkeitswerten von Bildpunkten dargestelltes Originalbild als Ausschnitt eines beispielsweise von der Kamera der Sensoreinheit gemäß Fig. 2 aufgezeichneten Bildes eines Teilbereiches der Oberfläche eines auf der Förderbahn aufliegenden Werkstückes,

Fig. 4 ein aus dem Originalbild gemäß Fig. 3 durch

eine erste zeilenweise Verschiebung und bildpunktweise Verknüpfung abgeleitetes Bild,

Fig. 5 ein aus dem Bild gemäß Fig. 4 durch eine zweite Verschiebung und Verknüpfung abgeleitetes Bild,

Fig. 6 ein aus dem Bild gemäß Fig. 5 durch eine dritte Verschiebung und Verknüpfung abgeleitetes Bild,

Fig. 7 ein aus dem Bild gemäß Fig. 6 durch eine vierte Verschiebung und Verknüpfung abgeleitetes Bild,

Fig. 8 ein aus dem Bild gemäß Fig. 7 durch eine fünfte Verschiebung und Verknüpfung abgeleitetes Bild,

Fig. 9 das Bild von Fig. 8 nach dessen Zentrierung,

Fig. 10 ein aus dem Bild von Fig. 9 durch fünfmalige Verschiebung und Verknüpfung in einer zweiten Serie sowie durch nachfolgende Zentrierung abgeleitetes Bild,

Fig. 11 das Subtraktionsbild aus den Bildern gemäß Fig. 3 und 10,

Fig. 12 das Bild von Fig. 11 nach Umwandlung in ein Binärbild,

Fig. 13 eine weitere Ausführungsform der Beleuchtungseinrichtung in der Ansicht von vorne,

Fig. 14 den Gegenstand der Fig. 13 in Seitenansicht,

Fig. 15 eine weitere Ausführungsform der Beleuchtungseinrichtung im Schnitt,

Fig. 16 eine Ausführungsform einer Prüfstation mit nur einer Sensoreinheit.

In Fig. 1 ist eine Prüfstation dargestellt, die an eine Tiefziehpresse 1 bekannter Bauart angeschlossen ist, welche Werkstücke 2 in zeitlicher Aufeinanderfolge in einer vorgegebenen Taktzeit im Tiefziehverfahren preßt. Die Gestaltung der fertig gepreßten Werkstücke wird im Endzustand durch die in die Presse 1 eingesetzten, nicht dargestellten Preßwerkzeuge bestimmt. Die Werkstücke 2 werden von der Presse 1 nach dem jeweiligen Preßvorgang über eine Rutsche 3 auf eine Förderbahn 4 abgelegt, die den Weitertransport der Werkstücke 2 übernimmt. Die Förderbahn 4 kann in bekannter Bauweise z. B. aus nebeneinanderliegenden, jeweils gleichmäßig angetriebenen Förderwalzen 5 oder aber auch aus einem endlosen, umlaufenden Förderband bestehen. Sie enthält eine umstellbare Weiche 6, mit der die auf der Förderbahn 4 liegenden Werkstücke 2 entweder einer ersten Empfangsstation 7 am geradlinigen Ende der Förderbahn 4 zugeführt oder zu einer zweiten, seitlich zur Hauptförderrichtung angeordneten Empfangsstation 8 umgelenkt werden können. Anstelle der Förderbahn 4 können auch andere Fördermittel oder auch nur ein Auflagetisch für die Werkstücke 2 vorgesehen werden.

Im Idealfall entsprechen die aus der Presse kommenden Werkstücke 2 genau den Maßen einer vorgegebenen Gestaltung. In der Praxis ergeben sich jedoch mitunter Abweichungen, die vor allem dadurch entstehen, daß das für die Herstellung der Werkstücke 2 verwendete Material den beim Preßvorgang gestellten Anforderungen nicht immer entspricht. Dadurch ergeben sich beim Tiefziehen Risse im Material, aber auch Einschnürungen, in denen die Wandstärke des Materials abnimmt. Bei anderen Bearbeitungsvorgängen können sich auch Kratzer oder Schleifriefen auf der Oberfläche der Werkstücke 2 ergeben. Derartige Abweichungen vom Sollzustand der Werkstücke werden im folgenden als Fehlstellen bezeichnet.

Zur automatischen Erkennung derartiger Fehlstellen an oder in den Werkstücken 2 dient die Prüfstation 9, die an der Förderbahn 4 angeordnet ist. Sie umfaßt einen Rahmen 10, der mit seinen Säulen 11 die Transportbahn 4 zwischen Leitblechen 12, 13 für die Werkstücke 2



portalartig überspannt. Am Rahmen 10 sind beim gezeigten Ausführungsbeispiel sechs Sensoreinheiten 14 befestigt, welche jeweils auf unterschiedliche Teilbereiche des unter dem Rahmen 10 vorbeigeführten Werkstückes 2 ausgerichtet und in ihrer jeweiligen Position fixiert sind, um unterschiedliche Teilbereiche der Oberfläche des jeweiligen Werkstückes zu inspizieren.

Eine Ausführungsform einer Sensoreinheit 14 ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Sie umfaßt eine Platine 15, auf der eine durch ein Blitzlichtgerät gebildete Beleuchtungseinrichtung 16, ein hiermit über ein Kabel 17 verbundene Belichtungssteuereinrichtung 18 sowie als optisches Aufzeichnungssystem eine Videokamera 19, die ein Aufnahmeobjektiv 20 aufweist und über ein Kabel 21 an einen in Fig. 1 nur schematisch dargestellten Bildverarbeitungsrechner 22 bekannter Bauart angeschlossen ist, jeweils unabhängig voneinander justierbar angeordnet sind. Zweckmäßigerweise besitzt der Bildverarbeitungsrechner 22 einen Bildspeicher mit einer Anzahl von z. B.  $512 \times 512$  Pixeln. Die optischen Achsen der Beleuchtungseinrichtung 16 und der Kamera 19 sind so aufeinander ausgerichtet, daß sie sich etwa in der Ebene schneiden, in der die auf der Förderbahn 4 unter der Sensoreinheit 14 vorbeiziehenden Blechteile 2 angeordnet sind.

Fig. 2 zeigt ein Blechteil 2 im Schnitt in einer solchen Transport-Position, in der es mit einer länglichen, in Fig. 2 senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Eindrückung, die beispielsweise im Tiefziehprozeß in der Presse 1 entstanden ist und im Werkstück 2 eine Fehlstelle 23 bildet, im Beleuchtungsstrahlengang der Beleuchtungseinrichtung 16 und im Aufnahmewinkel des Aufnahmeobjektivs 20 der Kamera 19 liegt. Aus Gründen der Anschaulichkeit ist die Fehlstelle 23 in Fig. 2 wesentlich größer dargestellt, als es der Wirklichkeit entspricht.

Die Beleuchtungseinrichtung 16 und die Kamera 19 sind so zueinander und zur Transportbahn 4 angeordnet, daß beim Durchlauf eines Werkstückes 2 durch den Beleuchtungsstrahlengang der Beleuchtungseinrichtung 16 die Lichtstrahlen, die auf die ohne Fehlstellen behafteten Oberflächenbereiche des Werkstückes auftreffen, gänzlich oder zumindest überwiegend nicht in das Aufnahmeobjektiv 20 der Kamera 19 reflektiert werden. Hingegen werden die Lichtstrahlen, die auf gegenüber dem Umfeld schräg liegende Teilflächen der Fehlstelle 23 auftreffen, zu einem erheblichen Teil zum Aufnahmeobjektiv 20 der Kamera 19 hin reflektiert. Für die Erkennung der Fehlstelle 23 durch die Kamera 19 wird also das gegenüber dem Umfeld unterschiedliche Reflexionsverhalten der Fehlstelle ausgenutzt. Hierfür ist es mitunter günstig, die Beleuchtungseinrichtung 16 und die Kamera 19 in bezug auf die Flächennormale 24 des Werkstückes 2 asymmetrisch anzuordnen, wie Fig. 2 zeigt.

Je nach der Verformungsart des Fehlerbereiches in der Oberfläche des Werkstückes kann der Fehler als im Vergleich um Umfeld als heller oder dunkler Kontrast erscheinen.

Die Videokamera 19 weist in ihrer Bildebene als Lichtempfänger (nicht dargestellt) vorzugsweise einen CCD-Chip mit einer Matrix von z. B.  $512 \times 480$  Fotoelementen auf. Damit wird von dem Oberflächenbereich des Werkstückes 2, das beim Passieren der Prüfstation 9 vom Aufnahmeobjektiv 20 der Kamera 19 erfaßt wird, ein Grauwertbild mit 8 Bit (= 256 Grauwertstufen) pro Bildpunkt aufgenommen. Damit wird je nach Bildausschnitt eine Auflösung von 0,1 bis 0,5 mm erzielt.

Eine Bewegungsunschärfe des aufgenommenen Bildes wird trotz der kontinuierlichen Förderung des Werkstückes 2 auf der Förderbahn 4 während des Aufnahmevorganges dadurch vermieden, daß die als Blitzgerät ausgebildete Beleuchtungseinrichtung 16 das Beleuchtungslicht in Form eines äußerst kurzzeitigen Lichtblitzes aussendet, der in bezug auf die Förderbewegung des Werkstückes 2 mittels einer an sich bekannten Taktsteuereinrichtung so getaktet wird, daß er jeweils gerade dann ausgelöst wird, wenn ein Werkstück 2 mit seinem fehlerträchtigen Oberflächenbereich in etwa die optische Achse des Aufnahmeobjektivs 20 der Kamera 19 schneidet, wie dies in Fig. 2 veranschaulicht ist. Damit ist die Inspektion der Werkstücke 2 am laufenden Band möglich.

Die von der Beleuchtungseinrichtung 16 pro Blitz ausgestrahlte Lichtmenge wird durch die Belichtungssteuereinrichtung 18 so gesteuert, daß die als Lichtempfänger dienenden Fotoelemente der Kamera 19 hinreichend belichtet werden. Die Beleuchtungseinrichtung 16 mit der Belichtungssteuereinrichtung 18 kann nach Art handelsüblicher Computer-Blitzgeräte ausgebildet sein.

Selbstverständlich kann in der Kamera 19 anstelle des Flächen-CCD auch ein Zeilen-CCD verwendet werden, was allerdings bedeutet, daß das Bild des Oberflächenbereiches des Werkstückes 2 zeilenweise aufgezeichnet wird. Hierzu ist eine entsprechende Anpassung der Blitzfolge der Beleuchtungseinrichtung 16 oder bei kontinuierlicher Ausleuchtung des abzubildenden Oberflächenbereiches z. B. mit Halogenlampen eine Schwenkung der Kamera 19 in Anpassung an die Fördergeschwindigkeit der Förderbahn 4 erforderlich.

Das von der Kamera 19 aufgenommene Grauwertbild eines Oberflächenbereiches des in Fig. 2 im Schnitt dargestellten Werkstückes 2 mit der länglichen, senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Fehlstelle 23 wird über das Kabel 19 dem Bildverarbeitungsrechner 20 zugeführt und dort gespeichert. Hier sei angenommen, daß die Fehlstelle im Vergleich zum Umfeld dunkel kontrastiert. Die Helligkeitswerte eines Teiles der vom CCD-Chip der Kamera 19 aufgezeichneten Bildpunkte des vorgenannten Grauwertbildes, die einen Ausschnitt aus dem von der Kamera bildpunktweise aufgezeichneten Bildes repräsentieren, sind in Fig. 3 in Form einer Tabelle mit 16 Zeilen 105 bis 120 und 16 Spalten 250 bis 265 numerisch dargestellt. Während die numerischen Helligkeitswerte der Bildpunkte in den oberen zwei Zeilen 105 und 106 sowie in den unteren drei Zeilen 118 bis 120 nur wenig um verhältnismäßig kleine Durchschnittswerte, etwa um den Wert "90", schwanken, liegen die numerischen Helligkeitswerte der Bildpunkte in den Zeilen 107 bis 110 sowie in den Zeilen 114 bis 117 überwiegend über dem Wert "100" und sind somit deutlich höher als das obere bzw. untere Umfeld. Zwischen diesen Bildpunkt-Zeilen mit deutlich höheren Helligkeitswerten liegen die Zeilen 111 bis 113 mit vergleichsweise niedrigen Bildpunkt-Helligkeitswerten. Die Zeilenbereiche 107 bis 110 sowie 115 bis 117 zeigen somit die obere und untere, mehr oder weniger scharfe Kante der länglichen Fehlstelle 23 im Werkstück 2 an, die zwischen diesen Kanten verläuft und die dazwischenliegenden Bildpunkt-Zeilen 111 bis 114 umfaßt. Das in Fig. 3 ausschnittsweise dargestellte Bild wird im folgenden als Originalbild bezeichnet.

Dieses Originalbild wird im Bildverarbeitungsrechner 20 folgendermaßen weiterverarbeitet.

In einem ersten vertikalen Verschiebeschritt wird das

Originalbild um eine Zeile nach unten verschoben, so daß z. B. die Zeile 105 des Originalbildes in die Zeile 106 des verschobenen Bildes wandert. Anschließend werden das verschobene Bild und das Originalbild bildpunktweise miteinander zu einem neuen Bild verknüpft, und zwar in der Weise, daß für jeden Bildpunkt des neuen Bildes entweder der numerische Wert des an gleicher Stelle liegenden Bildpunktes des verschobenen Bildes oder der numerische Wert des an gleicher Stelle liegenden Bildpunktes des Originalbildes ausgewählt wird. Von diesen beiden Werten wird stets der größere von beiden ausgewählt (Maximum-Entscheidung). Das durch diese Verknüpfung entstandene neue Bild wird somit bildpunktweise teils aus den Bildpunkten des verschobenen Bildes, teils aus den Bildpunkten des Originalbildes zusammengesetzt, wobei die Auswahl für jeden einzelnen Bildpunkt des neuen Bildes stets danach getroffen wird, ob der numerische Wert des einen oder anderen Bildes am betreffenden Bildpunkt der jeweils größere ist.

Das durch diese Manipulation entstandene neue Bild ist in Fig. 4 in Form einer Tabelle für die numerischen Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte des neuen Bildes dargestellt. Darin wird deutlich, daß durch die vorbeschriebene Bildpunktauswahl nach dem "Größer"-Vergleich der zeilenmäßige Umfang der darin noch erkennbaren Fehlstelle mit kleineren numerischen Helligkeitswerten (Zeilen 112 bis 114) kleiner geworden ist.

Hierauf folgt ein zweiter vertikaler Verschiebeschritt, der zum oben beschriebenen ersten Verschiebeschritt analog verläuft, wobei aber nunmehr das Bild gemäß Fig. 3 als Ausgangsbild dient, das der vertikalen Verschiebung um eine weitere Zeile nach unten sowie der anschließenden bildpunktweisen Verknüpfung mit dem daraus verschobenen Bild nach dem "Größer"-Vergleich unterworfen wird. Dadurch entsteht das Bild gemäß Fig. 5. Ersichtlich ist die dort noch erkennbare Fehlstelle hinsichtlich des Zeilenumfanges der Bildpunkte mit kleineren numerischen Helligkeitswerten (Zeilen 113 und 114) erneut schmaler geworden.

Der anschließende dritte vertikale Verschiebeschritt nach unten, der wiederum analog zu den vorhergegangenen Verschiebeschritten abläuft und wiederum eine Bildverknüpfung nach dem "Größer"-Vergleich nach sich zieht, führt zu einem abermals neuen Bild, das in Fig. 6 dargestellt ist. Dort ist der relativ dunkle Fehlstellen-Bereich mit verhältnismäßig kleinen Bildpunkt-Helligkeitswerten zeilenmäßig erneut schmaler geworden, wie aus den Zeilen 114 und 115 dieses Bildes hervorgeht.

Über einen anschließenden, analog verlaufenden vierten vertikalen Verschiebeschritt nach unten mit nachfolgender Bildverknüpfung nach dem "Größer"-Vergleich gelangt man zum Bild gemäß Fig. 7, in dem ein verhältnismäßig dunklerer Bereich in der Fehlstelle in Zeile 115 nur noch andeutungsweise erkennbar ist durch zwei noch verbliebene Bildpunkte mit Helligkeitswerten unter "100".

Schließlich wird anschließend in wiederum analoger Weise noch ein sechster vertikaler Verschiebeschritt nach unten mit bildpunktweiser Bildverknüpfung nach dem "Größer"-Vergleich durchgeführt, was zum Bild gemäß Fig. 8 führt.

Dort ist die ursprüngliche Fehlstelle mit bildpunktweisen Helligkeitswerten unter "100" zwischen Bildpunktzeilen mit erhöhten Helligkeitswerten (Fehlstellen-Kanten) völlig verschwunden. Die Fehlstelle aus dem Originalbild gemäß Fig. 3 wurde über die Zwischenbilder gemäß Fig. 4, 5, 6 und 7 bis zum Bild gemäß

Fig. 8 schrittweise sozusagen "zugeschmiert", d. h. von der Umgebungsinformation überdeckt.

Andererseits haben sich bis zum Bild gemäß Fig. 8 die numerischen Helligkeitswerte des gesamten Bildpunkte-Bereiches innerhalb der ursprünglichen Fehlstelle und um sie herum infolge des schrittweise wiederholt durchgeführten "Größer"-Vergleiches deutlich erhöht. Die hellen Stellen des Originalbildes haben sich also ausgeweitet, was als Dilatation bezeichnet wird.

Das Bild gemäß Fig. 8 wird nunmehr zentriert, was dadurch bewirkt wird, daß es um zwei Zeilen (d. h. um die halbe (gerundete) Anzahl der vorangegangenen vertikalen Verschiebeschritte) vertikal nach oben zurückverschoben wird. Daraus entsteht das zentrierte Bild gemäß Fig. 9.

Durch diese Rückverschiebung wird die Hintergrundinformation, d. h. die Bildbereiche ohne Fehler, im Vergleich zum Originalbild weitgehend exakt erhalten.

Auf die vorbeschriebene erste Serie von Verschiebeschritten erfolgt nunmehr eine zweite Serie von Verschiebeschritten, die den ersten fünf Verschiebeschritten auch anzahlmäßig entsprechen, jedoch mit der Abweichung, daß bei der auf jeden Verschiebeschritt folgenden bildpunktweisen Bildverknüpfung kein "Größer"-Vergleich, sondern ein "Kleiner"-Vergleich durchgeführt wird. Bei der Verknüpfung des jeweiligen verschobenen und nicht-verschobenen Bildes eines jeden Verschiebeschrittes zu einem jeweils neuen Bild werden also aus dem verschobenen und nicht-verschobenen Bild die jeweiligen Bildpunkte mit dem kleineren numerischen Helligkeitswert (Minimum-Entscheidung) herangezogen. Das nach dem fünften Verschiebeschritt dieser zweiten Verschiebeserie entstandene Bild wird in analoger Weise zentriert, wie dies mit dem Bild gemäß Fig. 8 am Ende der ersten Verschiebeserie erfolgt ist. Daraus entsteht das Bild gemäß Fig. 10.

Die zweite Verschiebeserie mit den Bildverknüpfungen nach der Minimum-Entscheidung hat den Zweck, bei der nachfolgend beschriebenen Bild-Subtraktion eine unerwünschte Detektion von Störinformationen wie z. B. Ränder von durch die Dilatation erweiterten Reflexionskanten zu vermeiden.

Das Bild gemäß Fig. 10 dient als Referenzbild, das die Fehlstelle aus dem Originalbild gemäß Fig. 3 nicht mehr enthält. Dieses Referenzbild entspricht somit praktisch einem Werkstück 2 ohne Fehlstelle in dem mit der jeweiligen Sensoreinheit 14 geprüften Teilbereich seiner Oberfläche.

Nach Gewinnung des Referenzbildes gemäß Fig. 10 werden dieses Referenzbild und das Originalbild gemäß Fig. 3 bildpunktweise voneinander subtrahiert, d. h. es werden bildpunktweise die numerischen Helligkeitswerte der jeweils zugeordneten Bildpunkte der beiden Bilder voneinander abgezogen. Dies führt zum Subtraktionsbild gemäß Fig. 11.

In diesem Bild heben sich nur noch Bildpunkte in den Zeilen 110 bis 115 mit ihren jeweiligen Subtraktionswerten hervor, während das gesamte Umfeld der Bildpunkte in den darüber und darunterliegenden Zeilen auf den Wert Null abgesunken, also "schwarz" ist, mit Ausnahme einer kleinen Störstelle in Zeile 119. Die Fehlstelle des Originalbildes von Fig. 3 tritt somit im Subtraktionsbild gemäß Fig. 11 als relativ heller Streifen in einem "schwarzen" Umfeld klar erkennbar zutage und hebt sich nunmehr von ihrem Umfeld deutlich und vom Betrachter auf einen Blick erkennbar ab.

Das Fehlstellenbild gemäß Fig. 11 kann in ein Binärbild umgewandelt werden. Hierzu wird ein Schwellwert



gesetzt, mit dem die numerischen Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte des Bildes von Fig. 11 verglichen werden. Dieser Schwellwert wird beim oben beschriebenen Ausführungsbeispiel auf den Wert "6" gesetzt. Anschließend wird der Helligkeitswert eines jeden Bildpunktes von Fig. 11 mit diesem Schwellwert verglichen. Dabei werden alle Bildpunkte, deren numerischer Helligkeitswert gleich dem Schwellwert "6" oder größer als "6" ist, auf den Signalpegel "1" gesetzt, während alle Bildpunkte aus Fig. 11, deren numerischer Helligkeitswert unter "6" liegt, auf den Signalpegel "0" gesetzt werden.

Durch diese Operation entsteht das Binärbild gemäß Fig. 12. In ihm hebt sich die Fehlstelle nunmehr in "Weiß/Schwarz"-Darstellung vom Umfeld ab. Gleichzeitig wurde durch diese Operation die schwache Störung, die in Zeile 119 des Grauwert-Bildes von Fig. 11 vorhanden ist, im Binärbild von Fig. 12 unterdrückt. Die Fehlstelle wurde somit vom Hintergrund total isoliert.

Durch den Schwellwert-Vergleich können jedoch nur solche Störungen im Binärbild unterdrückt werden, die im Grauwert-Bild gemäß Fig. 11 in den numerischen Helligkeitswerten ihrer Bildpunkte durchwegs unter den Helligkeitswerten der eigentlichen Fehlstelle liegen. Dies ist jedoch nicht immer der Fall, da störende Rauschsignale des Bildhintergrundes sowie unerwünschte Reflexionen häufig ähnliche Intensitätswerte pro Bildpunkt aufweisen wie die eigentliche Fehlstelle. Dann erscheinen die Rauschsignale oder sonstigen Störungen auch im Binärbild von Fig. 12.

In diesem Fall stellt sich die zusätzliche Aufgabe, im Binärbild die eigentliche Fehlstelle von den Störungen zu unterscheiden. Dies kann durch Größen- und/oder Formvergleiche und Ausfilterung der bei diesen Vergleichen erkannten Störungen geschehen. Die Filterung zur Trennung der Fehlstelle von unerwünschten Störungen kann vorzugsweise in zwei oder drei Stufen ablaufen.

Bei einer ersten Filterung sollen zunächst die punktförmigen Störungen beseitigt werden. Dazu wird eine kreisförmige Struktur generiert, die in ihrem Radius so gewählt ist, daß sie bei der Verschiebung über das Bildfeld zwar eine Punktstörung einschließen kann, nicht aber die binäre Abbildung der länglichen Fehlstelle 23. Mit diesem Element werden logische Operationen durchgeführt, die zu einer Ausfilterung eines Großteils des unerwünschten Rauschens im Bild führen.

Dann bleiben im Binärbild noch die binären Darstellungen von unerwünschten Reflexionen von Kanten sowie von Punktstörungen, die eine dichte Verteilung aufweisen. Hierzu kann für die Generierung eines zweiten Filters der Umstand ausgenutzt werden, daß Kanten aufgrund ihrer Krümmung im Vergleich zu Fehlstellen, die von Rissen, Einschnürungen oder dergleichen herühren, über einen größeren Bereich hell reflektieren, d. h. im Binärbild breiter erscheinen. Dadurch lassen sich durch verschiedene "Verschmierungs"-Operationen die restlichen Störungen von der tatsächlichen Fehlstelle trennen.

Die dritte Stufe der Filterung kann durch Fehleranalyse erfolgen. Die Größe des zu analysierenden Bildbereiches kann in Form eines Fensters variabel bestimmt werden. Außerdem kann die minimale wie auch maximale Größe (d. h. Anzahl der Pixel) für eine erkannte Fehlstelle festgelegt werden. Dadurch können auch Störungen, die bei den vorhergehenden Filterungen aus dem Binärbild nicht herausgefallen sind, eliminiert werden.

Bei der Fehleranalyse werden mittels der Auswertung von Nachbarschaftsbeziehungen zwischen einzelnen Pixeln die Anzahl, die Größe (in Pixeln) und der Schwerpunkt (in Koordinaten) der Fehlstellen bestimmt und können auf einem Bildschirm oder einem Drucker ausgegeben werden.

Auch das Grauwert-Fehlstellenbild gemäß Fig. 11 und vorzugsweise das Binärbild gemäß Fig. 12 können am Bildschirm oder am Drucker des Bildverarbeitungsrechners 20 ausgegeben werden. Wenn die erkannte Fehlstelle 23 vorbestimmte Grenzwerte überschreitet, kann durch den Rechner 22 auch eine automatische Umstellung der Weiche 6 bewirkt werden, so daß die als fehlerhaft erkannten Werkstücke 2 zur Empfangsstation 8 umgelenkt werden, welche zur Übernahme von Ausschussteilen bestimmt ist.

Werden Serienfehler erkannt in Form von gleichartigen Fehlstellen, die an einer größeren Anzahl von die Prüfstation 9 nacheinander durchlaufenden Werkstücken 2 auftreten, kann der Bildverarbeitungsrechner 22 auch zur automatischen Abschaltung der Presse 1 dienen, um die Produktion von größeren Mengen an Ausschussteilen frühzeitig und automatisch zu verhindern.

Selbstverständlich richtet sich die Anzahl der Verschiebeschritte zwischen dem Originalbild gemäß Fig. 3 und dem Referenzbild gemäß Fig. 11 nach der zeilenmäßigen Breite der Fehlstelle 23. Je mehr Zeilen sie umfaßt, desto größer ist die Anzahl der notwendigen Verschiebeschritte und der damit verbundenen Bildverknüpfungen, um dieses Referenzbild aus dem Originalbild zu gewinnen.

Ist die Fehlstelle 23 im Originalbild gemäß Fig. 3 im Gegensatz zum dort beschriebenen Ausführungsbeispiel nicht dunkler, sondern heller als die sie begrenzenden Kanten, werden bei den pixelweisen Bildverknüpfungen der ersten Reihe von Verschiebeschritten keine Maximum-Entscheidungen, sondern Minimum-Entscheidungen durchgeführt, was einen Erosionsvorgang darstellt. Sinngemäß sind in diesem Fall zur pixelweisen Bildverknüpfung im Anschluß an die jeweiligen Schritte der Rückverschiebung anstelle von Minimum-Entscheidungen Maximum-Entscheidungen durchzuführen.

In den oben beschriebenen Verschiebeschritten zwischen dem Originalbild gemäß Fig. 3 und dem Referenzbild gemäß Fig. 10 wurden reine Vertikalverschiebungen der einzelnen Bilder nach unten bzw. oben durchgeführt. Anstelle davon können aber auch diagonale oder sonstige Verschieberichtungen vorgesehen werden. In jedem Falle wird jedoch die jeweilige Verschieberichtung so gewählt, daß sie eine Komponente senkrecht zur Längsausdehnung der Fehlstelle 23 aufweist.

Anstelle von Bildverschiebungen um jeweils eine Zeile können ggf. auch Bildverschiebungen um jeweils zwei oder mehr Zeilen vorgenommen werden. Dies hängt von der Breite der Fehlstelle und von der erwünschten Genauigkeit bei der Fehleranalyse ab.

Die vorgenannten zeilenmäßigen Verschiebeschritte können auch mit Bewertungsfaktoren kombiniert werden, um die Bildmanipulation im Bedarfsfall entsprechenden Bedürfnissen noch mehr anzupassen.

Nach den oben beschriebenen Verfahren wird das Referenzbild gemäß Fig. 10 aus dem Originalbild gemäß Fig. 3 abgeleitet. Statt dessen kann das Referenzbild auch durch Aufzeichnung eines Bildes eines fehlerstellenfreien Musters eines ansonsten identischen Werkstückes 2 und durch Einspeicherung in den Bildverarbeitungsrechner 22 gewonnen werden. Für eine

derartige Aufzeichnung des Referenzbildes wird zweckmäßigerweise die gleiche oder eine gleichartige Sensoreinheit 14 verwendet, wie sie bei der Aufzeichnung des Originalbildes gemäß Fig. 3 zur Anwendung kommt.

Innerhalb jeder Sensoreinheit 14 der Prüfstation 9 kann die Beleuchtungseinrichtung 16 anstelle der in Fig. 2 gezeigten einzigen Blitzlampe auch aus einer Matrix von beispielsweise 14 Beleuchtungskörpern 25 bestehen, die — wie Fig. 13 und 14 zeigen — auf einem vorzugsweise flexiblen Rahmen 26 montiert und um die Kamera 19 gruppiert sind. Sie können auf einer sphärischen oder asphärischen Fläche, vorzugsweise auf einer Ellipsoidfläche angeordnet, einzeln schaltbar und sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung mittels Stellglieder einstellbar sein, so daß sie einem bestimmten Bildausschnitt, einer bestimmten Entfernung zur betrachteten Oberfläche und auch einer bestimmten Charakteristik der zu detektierenden Fehlstellen auf dieser Oberfläche angepaßt werden können. Auf diese Weise wird eine gleichmäßige Ausleuchtung des Teilbereiches der Oberfläche mit dem zu detektierenden Fehlstellen unter einem bestimmten Winkel gewährleistet.

Eine im Prinzip ähnliche Anordnung enthält die Ausführungsform gemäß Fig. 15, bei der mehrere Blitzlampen 27 der Beleuchtungseinrichtung 16 vor einem konkaven Reflektor 28 angeordnet sind. Der Reflektor 27 ist symmetrisch zur Kamera 19 angeordnet. Diese Beleuchtungseinrichtung eignet sich besonders zur Ausleuchtung einer gekrümmten Fläche 29 eines Werkstückes 2, bei dem die Fehlstelle 23 im mehrdimensionalen Verformungsbereich liegt.

Das Objektiv 20 der Kamera 19 ist vorzugsweise als Zoomobjektiv mit Autofokus-Einrichtung zur selbsttätigen Anpassung des Schärfentiefenbereiches und des Bildausschnitts ausgebildet.

Anstelle der in Fig. 1 dargestellten Vielzahl von Sensoreinheiten 14, die auf unterschiedliche Teilbereiche der insgesamt zu prüfenden Oberfläche des jeweiligen Werkstückes 2 gerichtet sind und jeweils nur einen solchen Teilbereich überprüfen, kann gemäß Fig. 16 auch nur eine einzige Sensoreinheit 14 vorgesehen werden, die am Rahmen 10 der Prüfstation 9 verstellbar angeordnet ist. Hierzu ist der Rahmen 10 mit einer Brücke 30 ausgestattet, die in Förderrichtung der Förderbahn 4 verfahrbar ist und einen an der Brücke verfahrbaren Kopf 31 aufweist, an dem die Sensoreinheit 14 höhenverstellbar befestigt ist. Außerdem erlaubt die Lagerung der Sensoreinheit 14 am Kopf 31 eine Drehung um die optische Achse und eine Schwenkung senkrecht dazu. Die entsprechenden Lagermittel sind an sich bekannt und daher in Fig. 16 nicht näher dargestellt. Die Mittel zur Einstellung der Sensoreinheit in eine gewünschte Position können elektromotorisch angetrieben und somit fernsteuerbar sein.

Die optimale Einstellung der Sensoreinheit in bezug auf die Charakteristika der Oberfläche des jeweils zu prüfenden Teiles erfolgt in der Weise, daß in einer Ebene die Position des Reflexionsmaximums und in einer zweiten Ebene die Position des maximalen Fehlerkontrastes bestimmt wird. Die dabei ermittelten Koordinaten der Position der Sensoreinheit für die Prüfung von Teilen dieses speziellen Typs werden abgespeichert und bei einer Wiederholung der Abpressung von Teilen dieses Typs dann automatisch angefahren.

Fig. 17 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der die Einstellung der Sensoreinheit 14 teilautomatisiert werden kann. Hierzu ist an die Sensoreinheit 14 eine Teleskopeinrichtung 32 mit einer ausziehbaren und ein-

stellbaren Teleskopstange 33 angesetzt, an deren Ende sich ein Winkelmaß 34 mit einem an der Teleskopstange 33 drehbar gelagerten Einstellplättchen 35 befindet, das an das Werkstück 2 angelegt wird. Die Teleskopstange 33 hat für einen bestimmten Typ der Sensoreinheit 14 eine festgelegte Länge. Mit dieser Vorrichtung läßt sich die Sensoreinheit hinsichtlich Abstand und Winkelneigung manuell auf den jeweils zu prüfenden Oberflächenbereich des Werkstückes einstellen, indem mit dem Winkelmaß und dem aufliegenden Einstellplättchen eine genaue Position bestimmt werden kann.

Wie Fig. 18 zeigt, kann als Ergänzung hierzu eine Feineinstellung mit einem Schrittmotor 36 dienen, der die Sensoreinheit auf einer Schiene 37 verfährt und mittels Kontrastmessung die optimale Position der Sensoreinheit 14 zum Werkstück 2 einstellt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Detektieren von einer oder mehreren Fehlstellen, vorzugsweise von Rissen und/oder Einschnürungen, an Preßteilen oder anderen Werkstücken durch optische Abtastung von deren Oberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß
  - a) eine Beleuchtungseinrichtung (16) zur Beleuchtung eines Oberflächenbereiches des Werkstückes (2) und ein optisches Empfangssystem (19) zur Aufnahme des beleuchteten Oberflächenbereiches oder eines Ausschnitts desselben derart zueinander und zum Oberflächenbereich des Werkstückes eingestellt werden, daß die unterschiedlichen Reflexionseigenschaften von Fehlstellen in diesem Oberflächenbereich gegenüber ihrem Umfeld bei der Erzeugung eines Bildes wirksam werden,
  - b) ein Bild des Oberflächenbereiches mit dem optischen Empfangssystem (19) bildpunktweise aufgezeichnet wird,
  - c) zur Weiterverarbeitung des aufgezeichneten Bildes des Oberflächenbereiches ein dem aufgezeichneten Bild entsprechendes Referenzbild ohne die gesuchten Fehlstellen bildpunktweise erzeugt bzw. in einem Speicher bereitgehalten wird, und
  - d) das aufgezeichnete Bild mit dem Referenzbild bildpunktweise verglichen und das Ergebnis bildpunktweise festgehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzbild aus dem aufgezeichneten Bild des Oberflächenbereiches des Werkstückes erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzbild nach folgendem Schema erzeugt wird:
  - a) das aufgezeichnete Bild (Fig. 3) des Werkstückes (2) wird zeilenweise in einer Richtung mit einer Komponente senkrecht zur Längsausdehnung der Fehlerstelle (23) verschoben,
  - b) das aufgezeichnete Bild und das verschobene Bild werden bildpunktweise derart miteinander verknüpft, daß zur Erzeugung eines manipulierten Bildes (Fig. 4) für jeden Bildpunkt desselben stets der höhere bzw. niedrigere Intensitätswert des aufgezeichneten oder des verschobenen Bildes an der dem jeweiligen Bildpunkt entsprechenden Stelle der miteinander verknüpften Bilder ausgewählt wird,
  - c) die Verarbeitungsschritte gemäß a) und b)



werden für das aus der jeweils vorangegangenen Verknüpfung entstandene manipulierte Bild so lange wiederholt, bis die Grauwertdarstellung der Fehlstelle in dem aus der zuletzt vorangegangenen Verknüpfung entstandenen Bild der Helligkeit der Umgebung im wesentlichen angeglichen ist (Fig. 8).

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem manipulierten Bild, in dem die Fehlstelle der Helligkeit der Umgebung im wesentlichen angepaßt ist, eine zweite Serie von Verschiebeschritten mit jeweils anschließender Verknüpfung der verschobenen und nicht-verschobenen Bilder durchgeführt wird, wobei die Maximal/Minimal-Entscheidungen der Bildverknüpfungen der ersten Serie von Verschiebeschritten umgekehrt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Verschiebeschritte der zweiten Serie der Anzahl der Verschiebeschritte der ersten Serie entspricht.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Verschiebeschritte mit Bewertungsfaktoren versehen werden.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach einer oder mehreren Bildverknüpfungen eine Zentrierung des jeweils zuletzt erhaltenen manipulierten Bildes durchgeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils am Ende der Verschiebeschritte der ersten Serie und der anschließenden Verknüpfung sowie am Ende der Verschiebeschritte der zweiten Serie und der anschließenden Verknüpfung eine Bildzentrierung erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzbild (Fig. 10) mit dem ursprünglich aufgezeichneten Bild (Fig. 3) bildpunktweise verknüpft wird, so daß das hieraus entstehende Bild (Fig. 11) eine Grauwertdarstellung der Fehlstelle enthält.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzbild und das aufgezeichnete Bild bildpunktweise voneinander subtrahiert werden.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Fehlstellenbild (Fig. 11) durch bildpunktweisen Vergleich mit einem Schwellwert in ein Binärbild (Fig. 12) umgewandelt wird.
12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aufeinanderfolgenden Verfahrensschritte bildpunktweise kontinuierlich ablaufen.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Rauschsignale durch maschinelles Auszählen benachbarter Bildpunkte ausgefiltert werden.
14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die erkannten Binärstrukturen Form- und/oder Größenstrukturen abgeleitet werden, anhand derer Fehlstellen vom Bildrauschen und/oder anderen Störstellen differenziert werden.
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Filterstrukturen gebildet werden, die zur Differenzierung von

Bildrauschen und/oder anderen Störstellen gegenüber den gesuchten Fehlstellen dienen.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Weiterverarbeitung des aufgezeichneten Bildes des Oberflächenbereiches des Werkstücks in einem Rechner erfolgt.
17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Position der Sensoreinheit bzw. Sensoreinheiten (14) zum Werkstück (2) mittels Kontrastmessung an der Fehlstelle eingestellt wird.
18. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung (16) und das optische Empfangssystem (19) zu einer Sensoreinheit (14) zusammengefaßt sind.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (14) an einem eine Prüfposition für die Werkstücke (2) portalartig überspannenden Rahmen (10) vorzugsweise verstellbar angeordnet ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß am Rahmen (10) mehrere Sensoreinheiten (14) angeordnet sind, die auf unterschiedliche Teilbereiche der Ebene ausgerichtet sind, in der die Werkstücke (2) vorbeigeführt werden.
21. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Achsen der Beleuchtungseinrichtung (16) und des optischen Empfangssystems (19) der Sensoreinheit (14) zur Flächennormalen des Werkstücks (2) asymmetrisch angeordnet sind.
22. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinrichtung (16) durch ein oder mehrere Blitzlichtquellen (25, 27) gebildet ist.
23. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Lichtquellen (25, 27) der Beleuchtungseinrichtung (16) auf zwei Seiten des optischen Empfangssystems (19) angeordnet und unabhängig voneinander schaltbar sind.
24. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Lichtquellen (25) der Beleuchtungseinrichtung (16) matrixförmig angeordnet sind.
25. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Lichtquellen (27) der Beleuchtungseinrichtung (16) einen gemeinsamen Reflektor (28) aufweisen.
26. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (14) mit einer Teleskopeinrichtung (32) mit einer den Abstand zum Werkstück bestimmenden einstellbaren Teleskopstange (33) verbunden ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Teleskopstange (33) mit einem daran drehbar gelagerten Einstellplättchen (35) und einem Winkelmaß (34) versehen ist.
28. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (14) mittels einer elektromotorischen Antriebseinrichtung (36) an einer Führung (37) verfahrbar ist.
29. Vorrichtung nach einem der vorangehenden

13

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Empfangssystem (19) der Sensoreinheit (14) eine Kamera mit einem CCD-Empfänger, vorzugsweise einem Flächen-CCD, umfaßt.

30. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das optische Empfangssystem (19) der Sensoreinheit (14) an einen Bildverarbeitungsrechner (22) angeschlossen ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner (22) eine Einrichtung (6) steuert, welche als fehlerhaft erkannte Werkstücke (2) ausscheidet.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

38 09 221  
G 01 N 21/88  
18. März 1988  
28. September 1989

3809221

1/8

FIG. 1

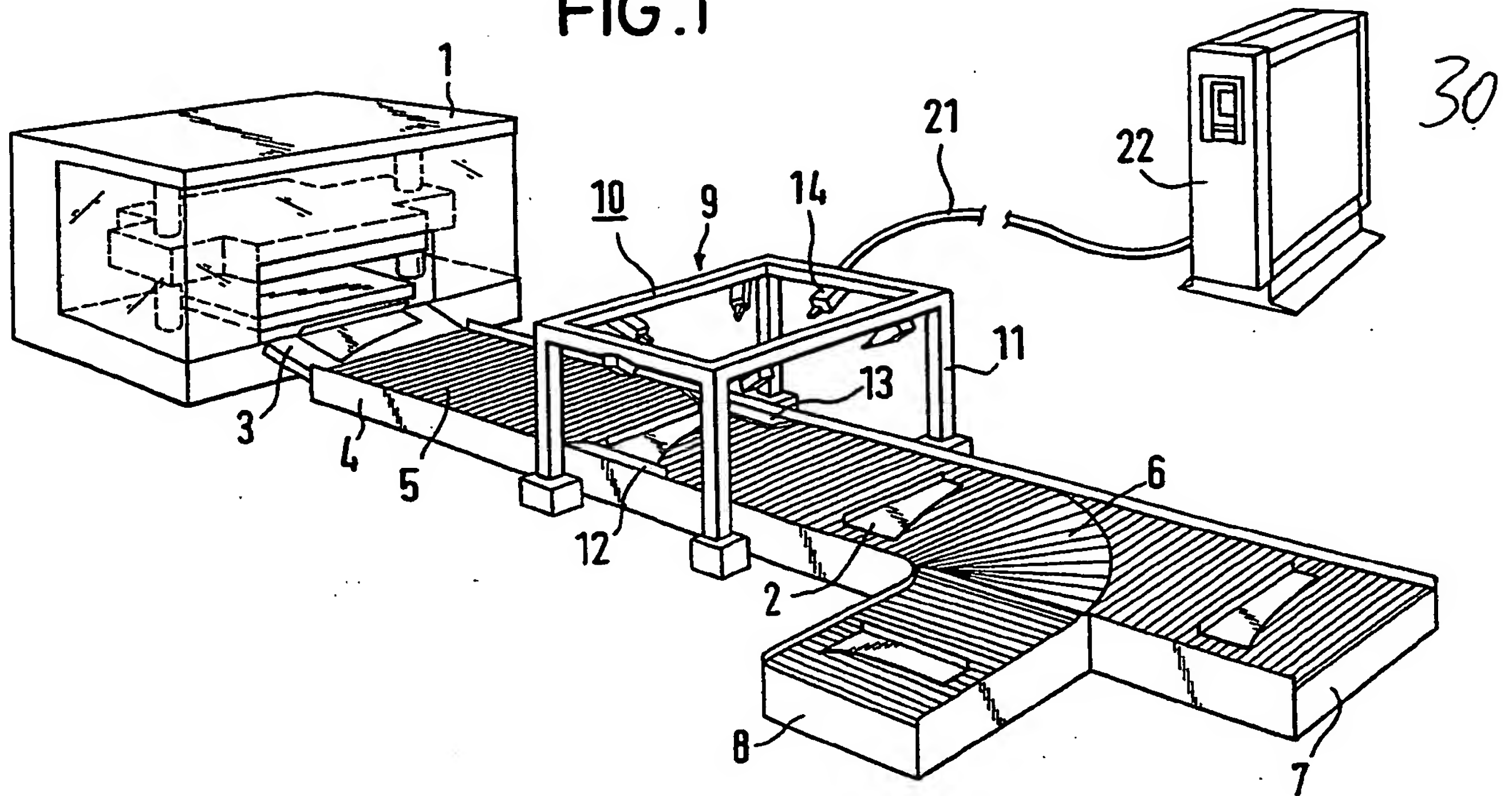


FIG. 2

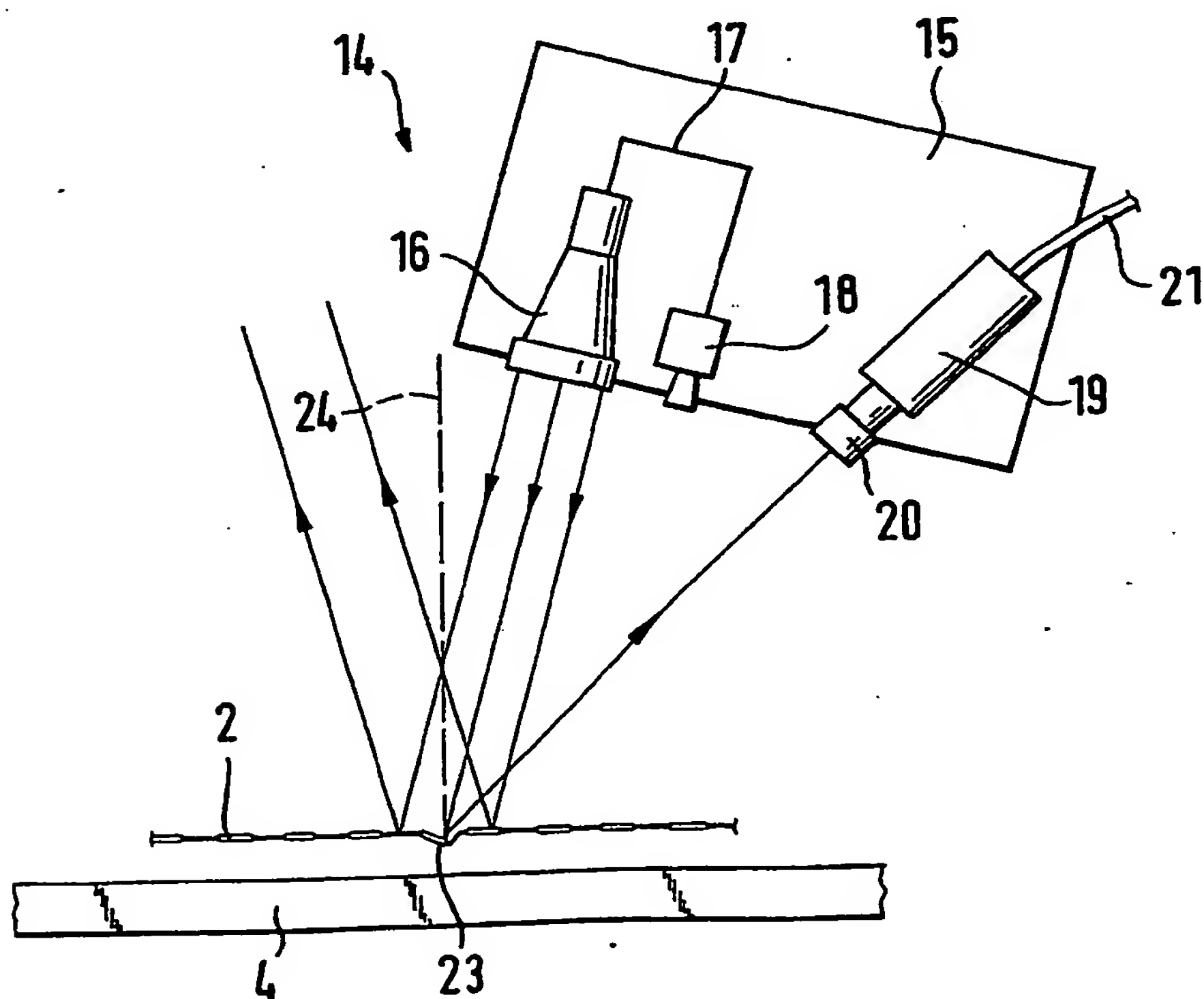


FIG. 3

31

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	092	95	97	95	94
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	106
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
110	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	104	104	102	98
111	91	93	95	95	96	96	94	91	91	93	93	93	92	91	91	92
112	88	89	87	91	99	96	91	89	89	90	92	92	89	88	88	90
113	89	88	87	86	87	89	87	91	91	93	91	88	90	92	97	101
114	100	100	97	99	98	99	100	99	96	96	96	95	96	100	102	107
115	102	100	100	105	104	103	103	100	97	97	100	102	105	105	102	103
116	103	106	109	106	106	103	100	101	104	103	102	100	97	100	104	105
117	97	99	98	98	98	104	105	103	101	102	102	100	99	96	97	98
118	96	92	95	95	97	97	99	100	98	96	94	94	96	96	96	96
119	92	93	93	91	87	87	88	86	87	89	87	85	86	89	90	90
120	85	87	88	86	86	89	89	89	88	86	87	86	85	85	85	87

FIG. 4

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	92	95	97	95	94
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
110	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
111	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	104	104	102	98
112	91	93	95	95	99	96	94	91	91	93	93	93	92	91	91	92
113	89	89	87	91	99	96	91	91	91	93	92	92	90	92	97	101
114	100	100	97	99	98	99	100	99	96	96	96	95	96	100	102	107
115	102	100	100	105	104	103	103	100	97	97	100	102	105	105	102	107
116	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	104	105
117	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	100	99	100	104	105
118	97	99	98	98	98	104	105	103	101	102	102	100	99	96	97	98
119	96	93	95	95	97	97	99	100	98	96	94	94	96	96	96	96
120	92	93	93	91	87	89	89	89	88	89	87	86	86	89	90	90



3/8

3809221

FIG. 5

32

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	92	95	97	95	94
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
110	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
111	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
112	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	104	104	102	98
113	91	93	95	95	99	96	94	91	91	93	93	93	92	92	97	101
114	100	100	97	99	99	99	100	99	96	96	96	95	96	100	102	107
115	102	100	100	105	104	103	103	100	97	97	100	102	105	105	102	107
116	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	104	107
117	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	105
118	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	100	99	100	104	105
119	97	99	98	98	98	104	105	103	101	102	102	100	99	96	97	98
120	96	93	95	95	97	97	99	100	98	96	94	94	96	96	96	96

FIG. 6

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	91	92	95	97	95
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
110	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
111	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
112	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
113	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	104	104	102	101
114	100	100	97	99	99	99	100	99	96	96	96	95	96	100	102	107
115	102	100	100	105	104	103	103	100	97	97	100	102	105	105	102	107
116	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	104	107
117	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
118	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	105
119	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	100	99	100	104	105
120	97	99	98	98	98	104	105	103	101	102	102	100	99	96	97	98

27.04.88

47 102

4/8

FIG.7

3809221

33

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	92	95	97	95	94
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
110	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
111	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
112	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
113	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
114	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	104	104	102	107
115	102	100	100	105	104	103	103	100	997	97	100	102	105	105	102	107
116	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	104	107
117	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
118	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
119	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	105
120	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	100	99	100	104	105

FIG.8

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	92	95	97	95	94
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
110	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
111	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
112	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
113	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
114	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
115	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	105	105	102	107
116	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	104	107
117	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
118	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
119	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
120	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	105



3809221

FIG. 9

34

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
106	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
107	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
108	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
109	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
110	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
111	114	116	113	115	115	116	117	120	120	117	115	115	117	116	113	112
112	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
113	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	105	105	102	107
114	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	104	107
115	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
116	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
117	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	107
118	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	102	105	105	104	105
119	103	106	109	106	106	104	105	103	104	103	102	100	99	100	104	105
120	97	99	98	98	98	104	105	103	101	102	102	100	99	96	97	98

FIG. 10

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	86	83	85	86	86	85	87	87	85	87	88	87	87	88	90	91
106	94	95	97	95	93	92	94	95	92	90	91	92	95	97	95	94
107	98	100	102	102	103	103	104	103	102	102	100	100	100	102	104	105
108	110	111	113	112	111	109	112	112	113	115	115	111	107	107	104	108
109	114	116	112	115	115	116	117	120	120	117	114	115	117	116	113	112
110	111	109	111	111	109	109	107	104	107	110	106	104	105	105	102	107
111	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	102	107
112	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	102	107
113	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	102	107
114	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	102	107
115	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	102	105	105	102	105
116	103	106	109	106	106	103	103	101	104	103	102	100	99	100	104	105
117	97	99	98	98	98	104	105	103	101	102	102	100	99	96	97	98
118	96	93	95	95	97	97	99	100	98	96	94	94	96	96	96	96
119	92	93	93	91	87	89	89	89	88	89	87	86	86	89	90	90
120	85	87	88	86	86	89	89	89	88	86	87	86	85	86	85	87

27.04.88

6/8

3809221

FIG.11

35

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	9
111	12	13	14	11	10	7	9	10	13	10	9	9	13	14	11	15
112	15	17	22	15	7	7	12	12	15	13	10	10	16	17	14	17
113	14	18	22	20	19	14	16	10	13	10	11	14	15	13	5	6
114	3	6	12	7	8	4	3	2	8	7	6	7	9	5	0	0
115	1	6	9	1	2	0	0	1	7	6	2	0	0	0	0	2
116	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0
117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	0	0	0	2	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

FIG.12

	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
112	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
113	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
114	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
115	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



7/8 3809221

FIG.13

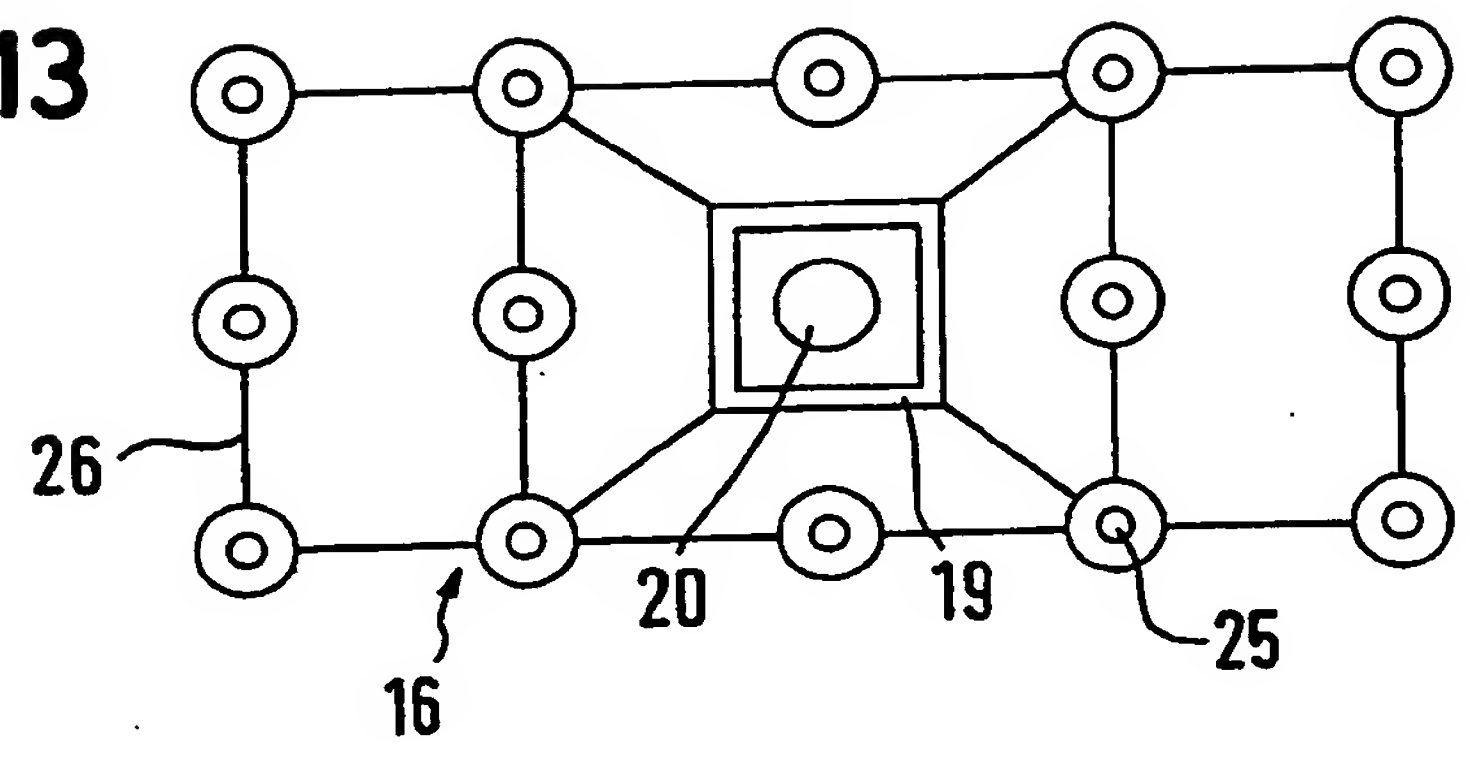


FIG.14

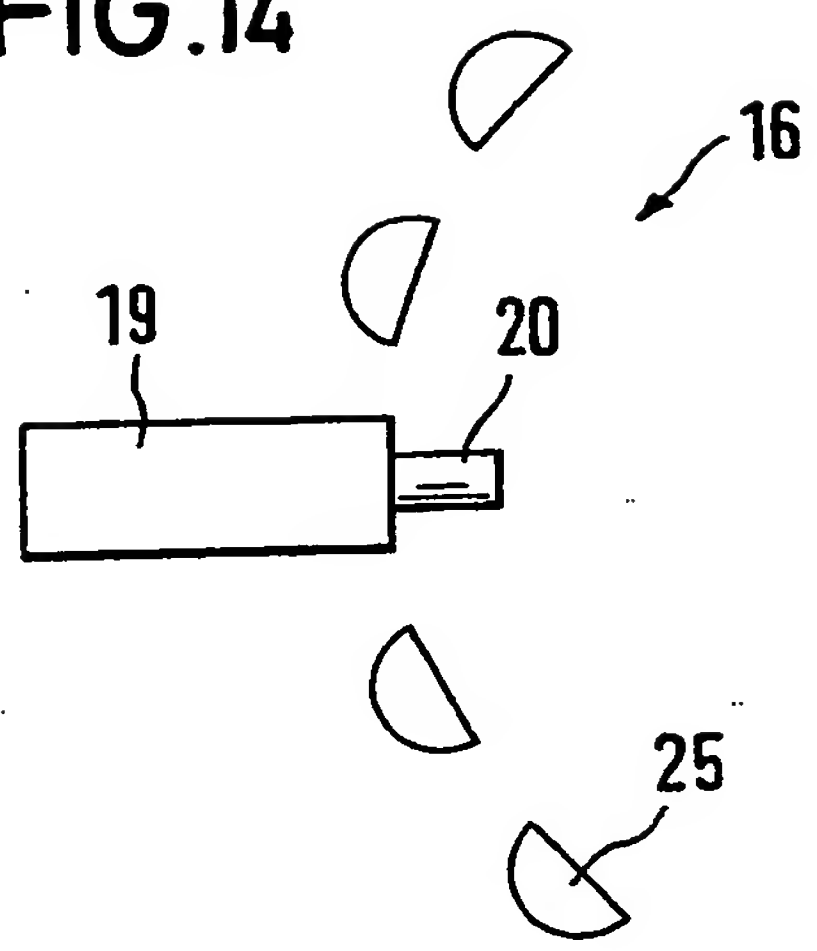
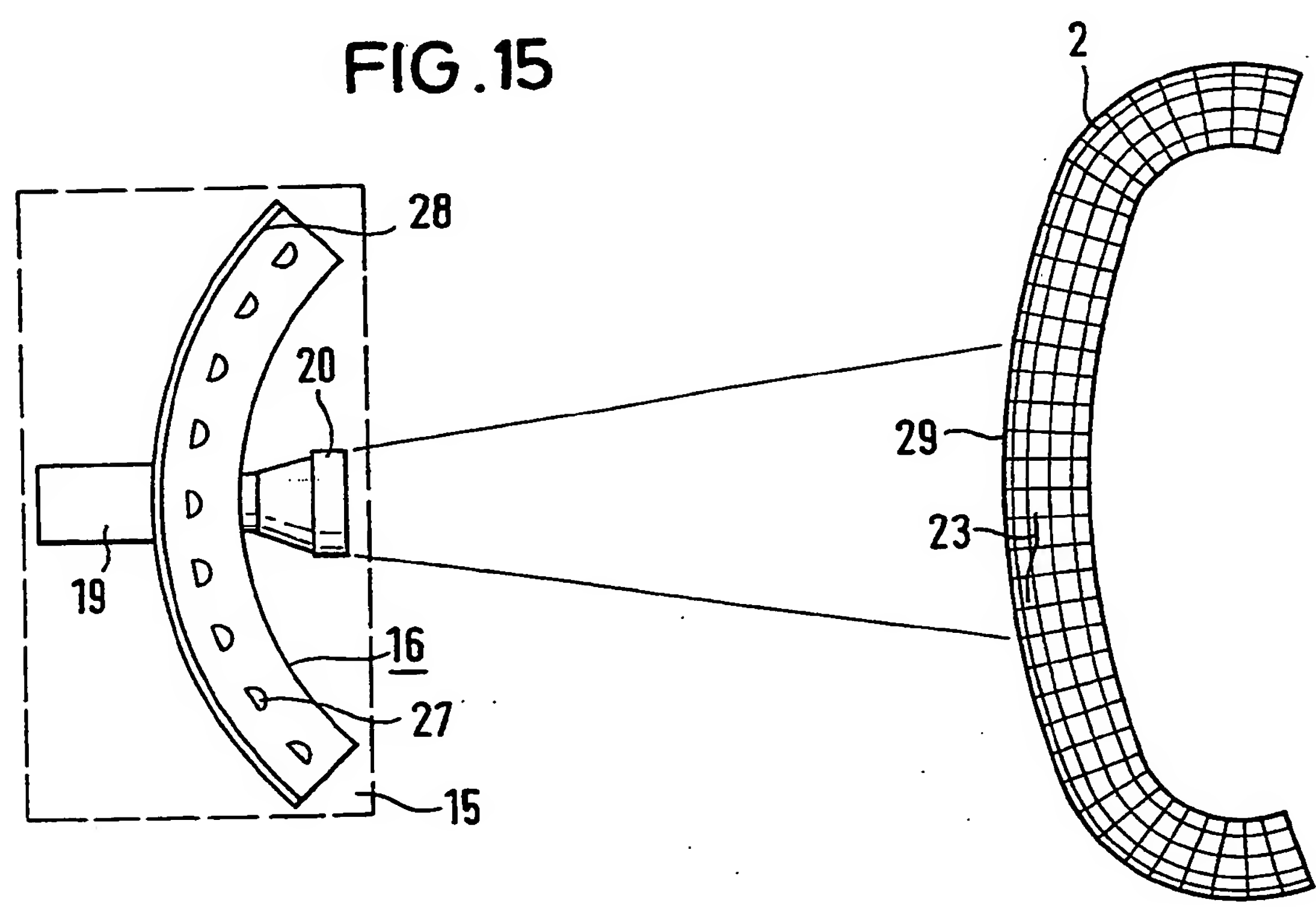


FIG.15

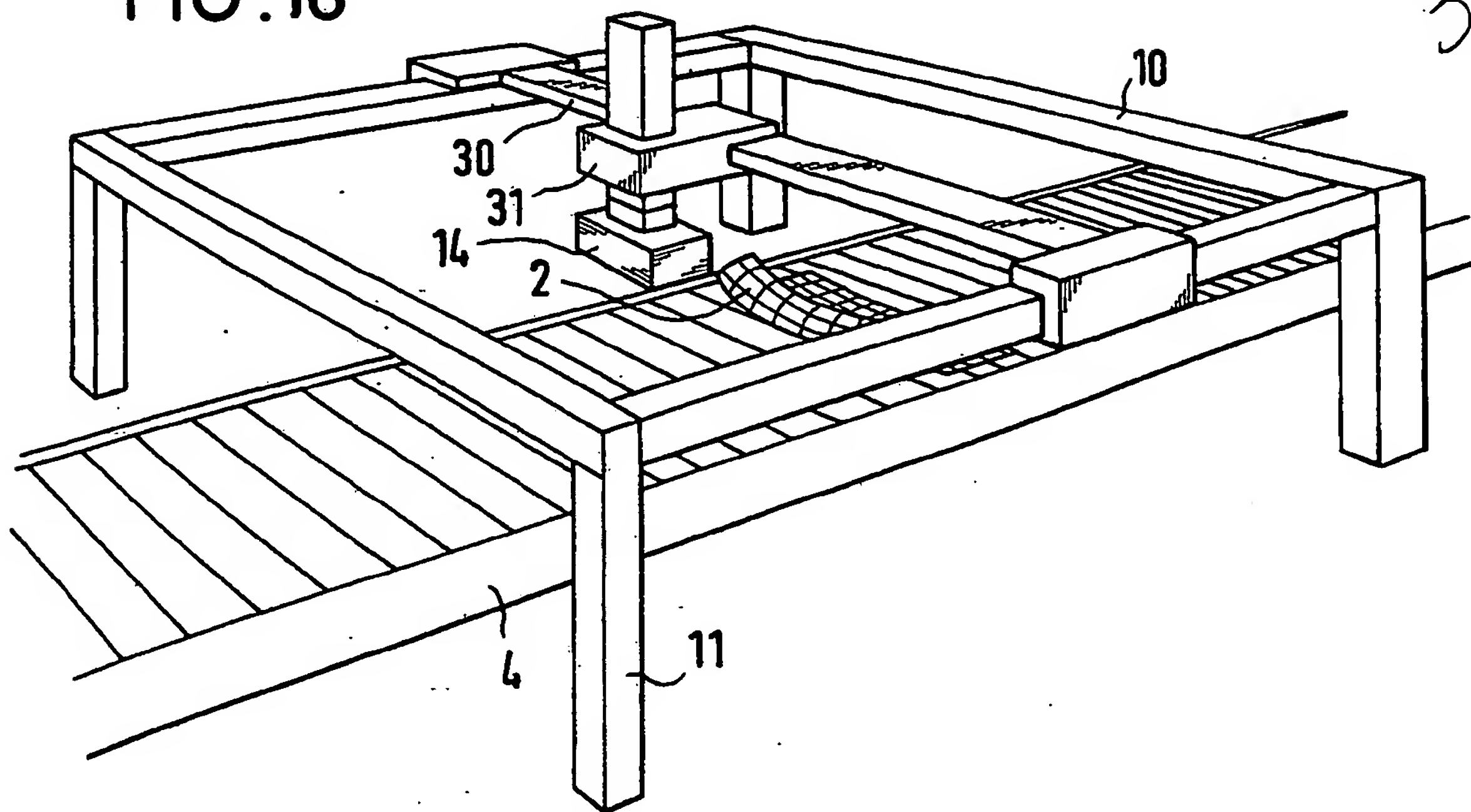


27.0.88

8/8

3809221

FIG. 16



37\*

FIG. 17

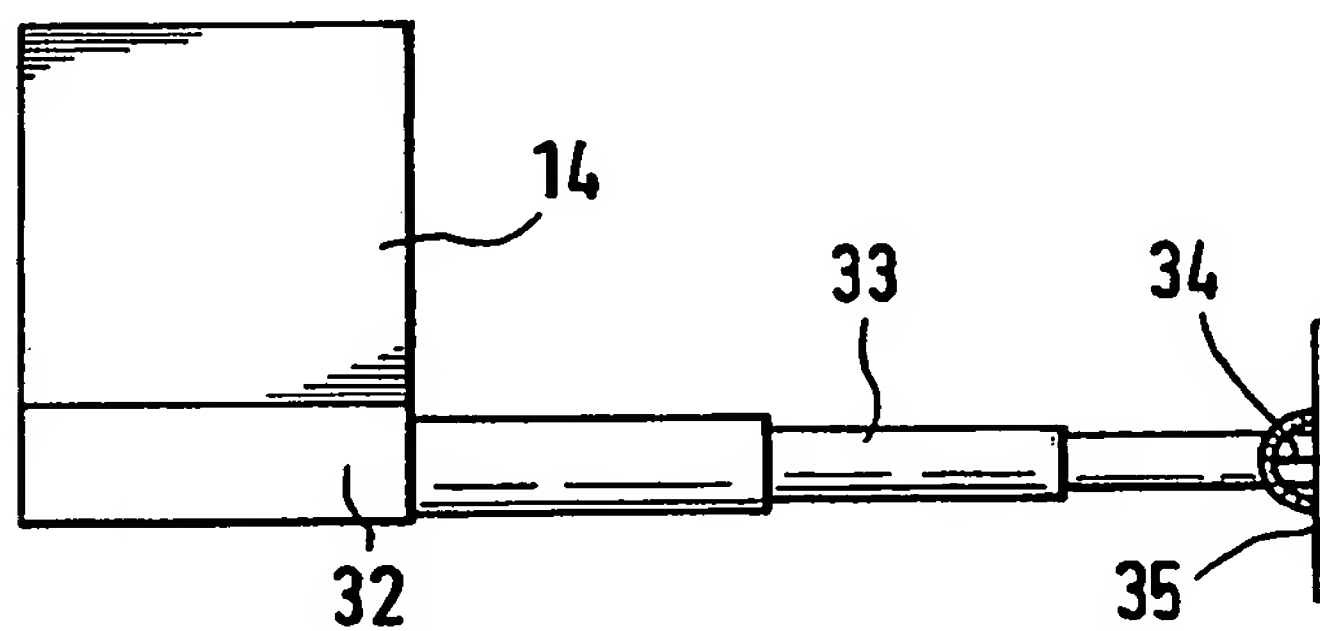


FIG. 18

